



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 102 10 045 C 1

51 Int. Cl.⁷:
H 01 J 63/02

21 Aktenzeichen: 102 10 045.4-33
22 Anmeldetag: 7. 3. 2002
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 5. 2003

DE 102 10 045 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
20099 Hamburg, DE

72 Erfinder:

Kraus, Albrecht, Kerkrade, NL; Bachmann, Peter
Klaus, 52146 Würselen, DE

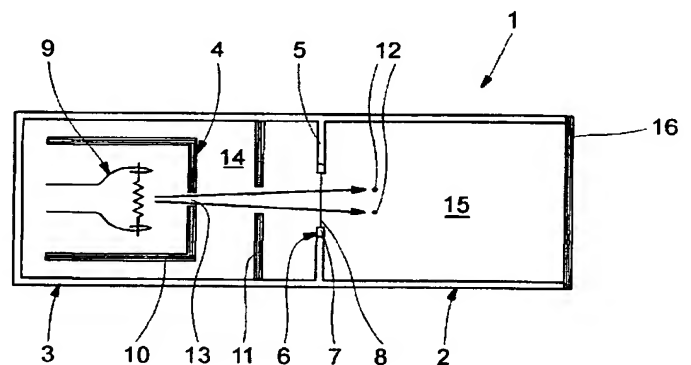
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 44 38 407
US 62 82 222 B1
US 60 52 401
US 44 94 036
US 42 03 078

WIESER, J. u.a.: Vacuum ultraviolet rare gas
excimer light source, in: Rev. Sci. Instrum.,
Vol. 68, No. 3, 1997, S. 1360-1364;

54 Lichtquelle und Verfahren zur Herstellung einer Folie für die Lichtquelle

57 Die Erfindung betrifft eine Lichtquelle (1) mit einem Entladungsgefäß (2), das mit einem Füllgas gefüllt ist, und mit einer in einem Vakuum oder in einem Bereich niedrigen Druckes befindlichen Elektronenstrahlquelle (4), die Elektronen (12) erzeugt und diese durch eine Eintrittsfolie (8) in das Entladungsgefäß (2) einschließt. Erfindungsgemäß weist die Eintrittsfolie (8) eine Diamantschicht auf. Die Erfindung betrifft aber auch Verfahren zur Herstellung der Eintrittsfolie für eine solche Lichtquelle. Erfindungsgemäß werden dazu zunächst zur Bildung einer Diamantfolie Kohlenstoffatome auf ein Substrat abgeschieden. Danach wird entweder nur der mittlere Teil des Substrates weggeätzt, um den äußeren als Rahmen für die Diamantfolie zu nutzen, oder die Diamantfolie wird vom Substrat gelöst, um sie an einem separaten Rahmen zu befestigen.



DE 102 10 045 C 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Lichtquelle mit einem Entladungsgefäß, das mit einem Füllgas gefüllt ist und mit einer in einem Vakuum oder in einem Bereich niedrigen Druckes befindlichen Elektronenstrahlquelle, die Elektronen erzeugt und diese durch eine Eintrittsfolie in das Entladungsgefäß einschleßt. Die Erfindung betrifft aber auch Verfahren zur Herstellung der Eintrittsfolie für eine solche Lichtquelle.

[0002] Die Elektronenstrahlquelle, im folgenden auch Elektronenkanone genannt, wird in einem Hochvakuum betrieben, um eine Zerstörung der Kathode durch ionisiertes Restgas zu vermeiden. Zwischen dem Vakuum, in dem sich die Elektronenkanone befindet und dem Gasraum des Entladungsgefäßes, in dem ungefähr Atmosphärendruck vorliegt, ist eine ultradünne Eintrittsfolie aufgespannt, durch die der Elektronenstrahl keinen wesentlichen Energieverlust erfährt. Eine solche Lichtquelle, die ein Entladungsgefäß mit Füllgas aufweist, in das Elektronen aus der Elektronenkanone durch die dünne Eintrittsfolie eingeschossen werden, ist aus der US 6,052,401 bekannt. Die Eintrittsfolie, im folgenden auch Eintrittsmembran genannt, ist eine etwa 300 nm dicke Siliziumnitridmembran, die bei einer Breite von etwas weniger als 1 mm und beliebiger Länge Druckunterschiede von wenigen bar standhält. Die bisher verwendeten Siliziumnitridmembranen stellen allerdings wegen ihrer begrenzten Festigkeit, der geringen Korrosionsfestigkeit, der geringen Wärmeleitfähigkeit und der beschränkten Langzeitstabilität unter Elektronenbeschuss sowie der geringen Widerstandsfestigkeit gegen Zerstäubung, im folgenden auch Sputterresistenz genannt, einen die Lebensdauer, Größe, Formgebung und Gasfüllung begrenzenden Faktor dieser Lichtquelle dar. Bei einer Breite von circa 1 mm bersten solche Folien bei circa 2 bar Differenzdruck, nur eine an sich unerwünschte Verringerung der Folienbreite auf 0,7 mm erlaubt Drucke von 3-4 bar. Insbesondere für den Betrieb mit leichten Edelgasen wären aber höhere Betriebsdrucke von 4-8 bar wünschenswert. Auch wären zur Vergrößerung der Entladungszone deutlich größere druckfeste Folien erforderlich. Wegen einer starken Folienkorrosion bei Verwendung von fluorhaltigen Gasfüllungen wurden bisher keine entsprechenden Lichtquellen realisiert. Da im Folienbereich eine nicht unerhebliche Wärmeentwicklung im Gasraum stattfindet, sind die bisher angewendeten Strahlströme begrenzt, da das Folienmaterial diese Wärme nur ungenügend ableiten kann. Durch die geringe Sputterresistenz der Siliziumnitridmembran sind die Lebensdauer und der Strahlstrom der Lampe stark eingeschränkt.

[0003] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Lichtquelle anzugeben. Insbesondere sollen die Folien und die Eintrittsbedingungen in das Entladungsgefäß verbessert werden. Daher liegt der Erfindung auch die Aufgabe zugrunde, entsprechende Verfahren zur Herstellung solcher Folien anzugeben.

[0004] Bezüglich der Lichtquelle wird diese Aufgabe gemäß der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Erfindungsgemäß weist die Eintrittsfolie eine Diamantschicht auf. Die vorliegende Erfindung schlägt zur Vermeidung der Nachteile des bisherigen Standes der Technik vor, eine entsprechende Lichtquelle unter Verwendung einer dünnen Diamantmembran aufzubauen. Diamantfolien mit einer Dimension von 5 mm x 1,5 mm und einer Dicke von 2 Mikrometern können Differenzdrucken von mehr als 8 bar standhalten. Als Faustregel gilt bei runden Folien, dass die Druckfestigkeit ΔP (in bar) wiedergegeben wird durch die Dicke d der Fensterfolie in Mikrometer, dividiert durch den Durchmesser D in cm, das heißt

$$\Delta P[\text{bar}] = d[\mu\text{m}]/D[\text{cm}]$$

[0005] Für eine 1 μm dicke Diamantfolie mit einem Durchmesser von 1 cm ergibt sich somit ein Berstdruck von 1 bar. Es ist mit Diamantfolien also möglich, große Volumina zu bestrahlen und damit entsprechend leistungsfähige Lichtquellen zu bauen. Die Wärmeleitfähigkeit von Diamant liegt bei Raumtemperatur höher als entsprechende Werte für jedes andere Material. Die Wärmelast auf den Folien wird dadurch verringert. Diamant ist auch gegenüber fluorhaltigen Gasgemischen beständig und erlaubt beispielsweise ArF- oder KrF-Entladungen.

[0006] In vorteilhafter Weise weist die Elektronenstrahlquelle einen thermionischen Elektronenemitter auf. Das ist ein heißer Elektronenemitter, bei dem zum Beispiel ein Wolframdraht Verwendung findet.

[0007] In alternativer, vorteilhafter Weise weist die Elektronenstrahlquelle einen Feldemitter auf. Der Feldemitter kann zum Beispiel auf Basis von Kohlenstoff-Nanoröhren aufgebaut sein. Feldemitter, zum Beispiel Kohlenstoff-Nanoröhren, können großflächig zur Emission gebracht werden, so dass mit dieser Art Elektronenquelle große Fenster homogen bestrahlt oder auch langgestreckte Schlitzgeometrien ausgeleuchtet werden können.

[0008] Bezüglich der Verfahren zur Herstellung der Eintrittsfolie für eine erfindungsgemäß verbesserte Lichtquelle wird die Aufgabe gemäß der in den Ansprüchen 8 bis 10 genannten Alternativen gelöst.

[0009] Allen diesen Alternativen ist gemeinsam, dass zunächst zur Bildung einer Diamantfolie Kohlenstoffatome auf ein Substrat abgeschieden werden. In der ersten Alternative wird sodann der mittlere Teil des Substrates weggeätzt, wobei das Substrat derart gewählt wurde und der Ätzvorgang derart gesteuert wird, dass sich der verbleibende äußere Teil des Substrates als Rahmen für die Diamantfolie ausformt. In den beiden weiteren Alternativen wird zunächst die Diamantfolie vom Substrat entfernt, um sodann die Diamantfolie an einen separaten Rahmen entweder anzulöten oder anzukleben.

[0010] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird nachstehend ein Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0011] Es zeigen

[0012] Fig. 1 eine Lichtquelle mit einer Eintrittsfolie in Schnittdarstellung,

[0013] Fig. 2 ein Diamantfenster in Draufsicht und

[0014] Fig. 3 das Diamantfenster in Seitenansicht.

[0015] Fig. 1 zeigt eine Lichtquelle 1, im folgenden auch Gasentladungslampe genannt, mit einem Entladungsgefäß 2 und einer Hochvakuumkammer 3, in der eine Elektronenstrahlquelle 4 angeordnet ist. Das Entladungsgefäß 2 und die Hochvakuumkammer 3 sind durch eine innenliegende Wand 5 getrennt. Die Wand 5 weist ein Eintrittsfenster 6 mit einem Rahmen 7 und einer Folie 8 auf. Die Elektronenstrahlquelle 4 weist eine geheizte Kathode 9, einen Wehneltzylinder 10 und eine Ringanode 11 auf. Elektronen 12 werden aus der geheizten Kathode 9 emittiert und treten durch eine Ausnehmung 13 des Wehneltzylinders 10 in einen Beschleunigungsbereich 14. Hier werden die Elektronen 12 zu der Ringanode 11 beschleunigt, die sie mit einer Energie von ungefähr 10 keV passieren. Anschließend treten sie durch die etwa 1 Mikrometer dünne Eintrittsfolie 8 aus Diamant in den Gasraum 15 des Entladungsgefäßes 2 ein. Beim Durchtritt durch die Diamantfolie 8 verlieren die Elektronen 12 lediglich 10% ihrer Energie, den Rest deponieren sie lokal stark begrenzt im Gasraum 15, welcher mit 100 mbar Xenon gefüllt ist. Die erzeugte UV-Kontinuumstrahlung um

170 nm wird durch einen auf der Innenseite des Entladungsgefäßes 2 angebrachten Phosphor in sichtbares Licht konvertiert. Die von außen in den Gasraum 15 eingebrachte negative Ladung muss über eine leitfähige Platte 16 einem externen Stromkreis wieder zugeführt werden.

[0016] Fig. 2 und 3 zeigen das Eintrittsfenster 6 mit dem Rahmen 7 und der Diamantfolie 8. Der Rahmen 7 ist ein Träger, dessen mittlerer Teil weggeätzt wurde, so dass sich eine runde Ausnehmung 17 gebildet hat, die im folgenden auch als Fensteröffnung bezeichnet wird. Auf dem Träger 7 ist die Folie 8 angeordnet. Diamantfolien 8, wie sie für den Aufbau einer solchen Lichtquelle 1 gebraucht werden, sind durch Abscheidung aus einer Gasphase erzeugbar. Dabei setzen sich Kohlenstoffatome auf den Träger 7, im folgenden Substrat genannt, ab, und bauen eine Diamantschicht auf, die die Folie 8 bildet. Zur Herstellung eines Diamantfensters 6 werden Kohlenstoffatome auf Silizium abgeschieden und anschließend wird die Fensteröffnung 17 freigeätzt. Das verbleibende Silizium bildet den Fensterrahmen 7 aus. Als Alternative sind Diamantfolien 8 vollständig von ihrem ursprünglichen, im Abscheidungsprozess verwendeten Substrat 7 entfernt und anschließend auf einen neuen Fensterrahmen 7 aus einem beliebigen Material wie Metall, Kunststoff oder Glas aufklebbar oder durch Löttechniken mit AgCuTi Aktivloten verbindbar. Weitere mögliche Fensterrahmenmaterialien sind dickere Diamantschichten, Quarzglas oder andere Materialien mit sehr niedrigem thermischen Ausdehnungskoeffizienten.

BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Lichtquelle
- 2 Entladungsgefäß
- 3 Hochvakuumkammer
- 4 Elektronenstrahlquelle
- 5 Wand
- 6 Eintrittsfenster
- 7 Rahmen
- 8 Folie
- 9 Kathode
- 10 Wehneltzylinder
- 11 Ringanode
- 12 Elektronen
- 13 Ausnehmung
- 14 Beschleunigungsbereich
- 15 Gasraum
- 16 Platte
- 17 Ausnehmung

Patentansprüche

1. Lichtquelle (1) mit einem Entladungsgefäß (2), das mit einem Füllgas gefüllt ist und mit einer in einem Vakuum oder in einem Bereich niedrigen Druckes befindlichen Elektronenstrahlquelle (4), die Elektronen (12) erzeugt und diese durch eine Eintrittsfolie (8) in das Entladungsgefäß (2) einschließt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eintrittsfolie (8) eine Diamantschicht aufweist.
2. Lichtquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Diamantschicht eine Dicke kleiner als 100 µm, insbesondere kleiner als 50 µm, in vorteilhafter Weise kleiner als 20 µm aufweist.
3. Lichtquelle nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Diamantschicht einen Rahmen (7) aufweist.
4. Lichtquelle nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Diamantschicht eine metalli-

sche Lötsschicht aufweist.

5. Lichtquelle nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Diamantschicht eine organische Klebeschicht aufweist.

6. Lichtquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektronenstrahlquelle einen thermionischen Elektronenemitter aufweist.

7. Lichtquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektronenstrahlquelle einen Feldemitter aufweist.

8. Verfahren zur Herstellung einer Folie (8) für eine Lichtquelle (1), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Kohlenstoffatome werden auf ein Substrat (7) zur Bildung einer Diamantfolie (8) abgeschieden und ein Teil des Substrates wird so weggeätzt, dass ein verbleibender Teil (7) des Substrates einen Rahmen (7) für die Diamantfolie (8) ausformt.

9. Verfahren zur Herstellung einer Folie (8) für eine Lichtquelle (1), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Kohlenstoffatome werden auf ein Substrat zur Bildung einer Diamantfolie (8) abgeschieden, die Diamantfolie (8) wird von dem Substrat entfernt und die Diamantfolie (8) wird an einen Rahmen (7) angelötet.

10. Verfahren zur Herstellung einer Folie (8) für eine Lichtquelle (1), gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

Kohlenstoffatome werden auf ein Substrat zur Bildung einer Diamantfolie (8) abgeschieden, die Diamantfolie (8) wird von dem Substrat (7) entfernt und die Diamantfolie (8) wird an einen Rahmen (7) angeklebt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

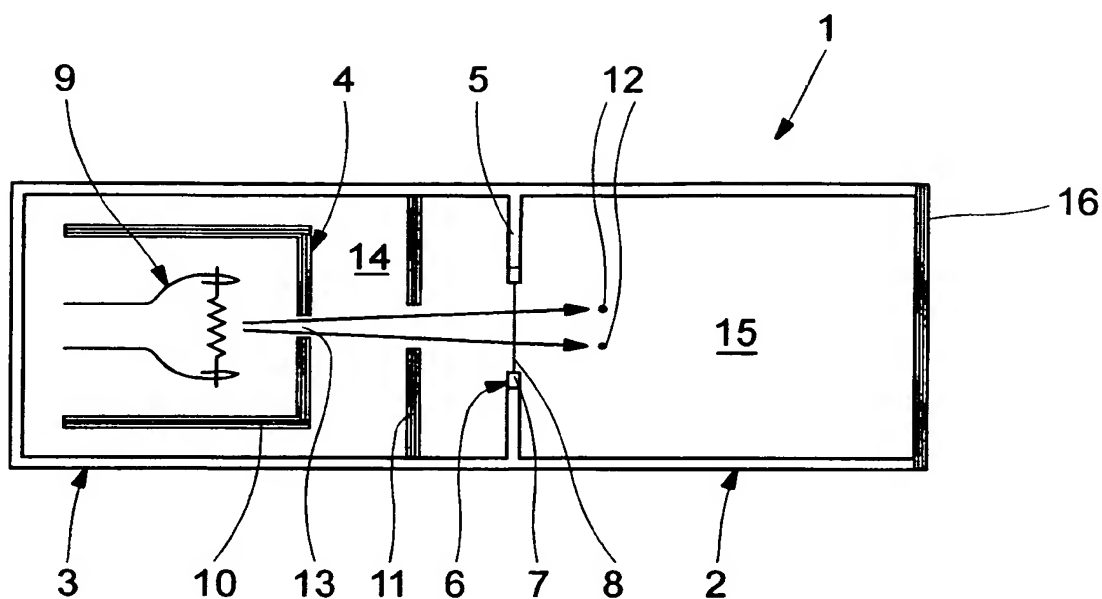


Fig. 1

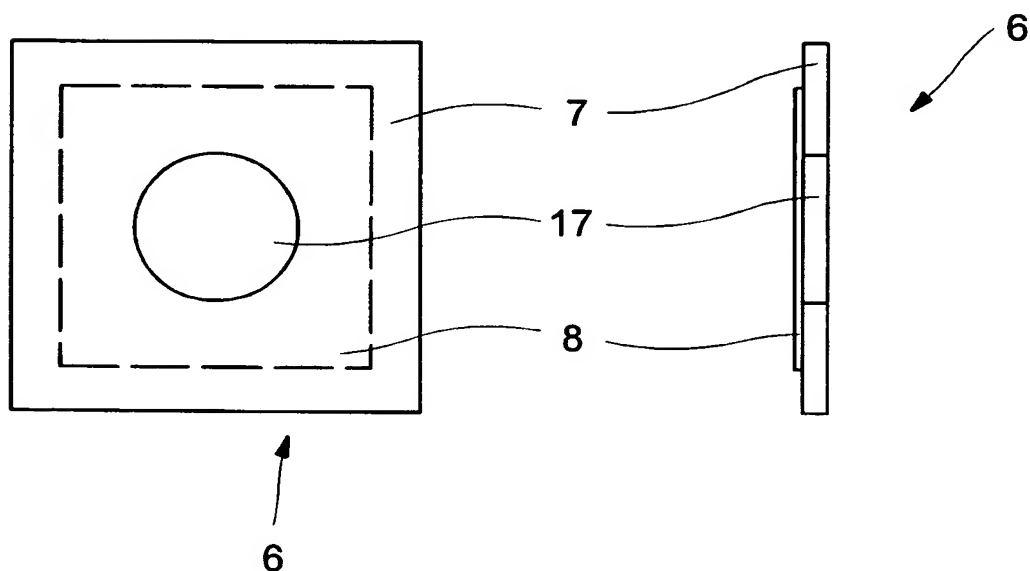


Fig. 2

Fig. 3